Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), Phase V

Livrable 79

Dépôts d'oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie

Par Greg Fernette

Préparé pour le compte du gouvernement mauritanien par l'U.S. Geological Survey

2012

Ce rapport est un rapport administrative, dont la conformité avec les normes éditoriales de l'U.S. Geological Survey ou le code stratigraphique nord-américain n'a pas été examiné. Tout nom commercial, d'entreprise ou de produit est utilisé à des fins descriptives et n'implique pas l'approbation du gouvernement des Etats-Unis.

U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

Dépôts d’oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie

1– Synthèse

D’importants gisements de cuivre-or sont présents en Mauritanie. Il s’agit de Guelb Moghrein, mais aussi de plusieurs autres présences, ayant été identifiées comme des dépôts d’oxyde de fer cuivre-or (IOCG), mais qui sont en fait atypiques pour un certain nombre de critères importants. Toutefois, Guelb Moghrein est un gisement de minerai significatif sur le plan économique, et une cible d’exploration intéressante. Le dépôt est d’âge archéen, et se situe au sein d’une roche typée de métacarbonates, appartenant à un ensemble roche verte / formation de fer rubané (FFR), à l’intérieur d’un conduit en compression de la partie nord de la Ceinture des Mauritanides. La région environnante renferme un certain nombre de présences semblables de cuivre-or. Sur la base des caractéristiques du gisement de Guelb Moghrein et de son environnement géologique, cinq zones étant considérées comme favorables aux dépôts de type oxyde de fer cuivre-or (IOCG), semblables à Guelb Moghrein, ont été délimitées.

2 – Table des matières

1– Synthèse 3
2 – Table des matières 3
3 – Figures 3
4 – Introduction 4
5 – Dépôts et présences potentielles d'oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie 4
5.1 – Le gisement de cuivre-or de Guelb Moghrein 4
5.2 – Autres potentiels de cuivre et d’or de la région d’Akjoujt 9
5.3 – Présences possibles d’IOCG au sein de la Ceinture sud des Mauritanides 14
5.4 – Discussion 16
6 – Zones favorables à l’oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie 17
7 – Conclusions 19
8 – Références 21

3 – Figures

Figure 1. Localisation et cadre géologique des dépôts de cuivre-or de de Guelb Moghrein en Mauritanie. 6
Figure 2. Interprétation structurale schématique du gisement de Guelb Moghrein (d’après Kirschbaum, 2011a)... 8
Figure 3. Carte de la région d’Akjouit montrant la distribution du Groupe d’Oumachoueia (vert) et des occurences de cuivre et d’or (points rouges). 10
Figure 4. Occurrences de cuivre dans la Ceinture des Mauritanides. 15
Figure 5. Potentiels pour les dépôts IOCG en Mauritanie 18

4 – Introduction

Le gisement de cuivre-or de Guelb Moghrein, en Mauritanie, actuellement en cours d'exploitation, est considéré par beaucoup comme un dépôt de type IOCG (Strickland et Martyn, 2001, Gunn et al., 2004, Murakami, 2004, Murakami et al. 2005, Kolb et al., 2006, 2008, Meyer et al., 2006, Cox et Singer, 2007 Sakelaris et Meyer, 2008, Hitzman, 2008, Kirschbaum et Hitzman, 2008, Kirschbaum, 2011a, b). Les dépôts IOCG peuvent être significatifs sur le plan économique, avec certains gisements (par exemple Olympic Dam, en Australie) présentant des ressources en cuivre dépassant celles de beaucoup de dépôts de cuivre de porphyres (Williams et al., 2005). En raison de l'importance économique des dépôts d'IOCG, leur seule présence au sein d'un pays peut entrainer de l'intérêt pour son exploration.

Les dépôts d'IOCG sont un groupe de dépôts de minéraux, reconnu relativement récemment, et caractérisé par l'association de minéraux d'oxyde de fer avec du cuivre, et parfois avec de l'or, à des niveaux de teneurs en métaux d'intérêt économique (Hitzman et al., 1992). Des discussions et classifications récentes concernant les dépôts d'IOCG comprennent Williams et al. (2005), Cox et Singer (2007), et Groves et al. (2010).

Williams et al. (2005) ont caractérisé les dépôts IOCG comme étant ceux qui comprenaient 1) du cuivre avec ou sans or au sein de minerais d'intérêt économique ; 2) des types de minéralisation de veine hydrothermale, de brèches et/ou de remplacement, caractéristiques de contextes structuraux spécifiques ; 3) une magnétite et/ou hématite abondante ; 4) des oxydes de fer avec de faibles teneurs en titane comparé avec la plupart des roches magmatiques, et ; 5) l'absence d'association spatiale claire avec des roches intrusives. Groves et al. (2010) ont fait valoir que la classification de Williams et al. (2005) était trop large, et ont suggéré une caractérisation plus restrictive. « IOCG au sens strict », comprenant les points suivants : 1) cuivre plus or en tant que métaux d'intérêt économique ; 2) caractéristiques hydrothermales et contrôles structurels, fréquemment accompagnés de brèches ; 3) minéraux d'oxyde de fer à faible teneur en Ti abondants (magnétite et hématite) et/ou silicates de fer (grunérite, ferroactinolite, fayalite) ; 4) enrichissement en terres rares légères et minéraux sulfurés à faible présence de soufre, comprenant chalcopyrite, bornite, chalcocite et pyrrhotite ; 5) absence de veines de quartz synsulfurées abondantes, et ; 6) relation temporelle avec du magmatisme, mais aucun rapport spatial avec les intrusions l'ayant engendré.

5 – Dépôts et présences potentielles d'oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie

5.1 – Le gisement de cuivre-or de Guelb Moghrein

Le gisement de Guelb Moghrein est situé dans l'ouest de la Mauritanie, dans la région d'Akjoujt, désigné également par Gunn et al. (2004) comme le secteur d'Inchiri. D'anciennes exploitations de cuivre sont signalées par les militaires français en 1931, et des échantillons ont été prélevés par le Bureau Minier dès 1946 (Blanchot, 1947). Des tentatives pour exploiter des mines du gisement ont débuté dans les années 1950, et se sont poursuivies jusqu'au début des années 90, lorsque General Gold International a réussi, entre 1993 et 1996, à extraire 156 000 onces d'or des stériles de la mine (Gunn et al., 2004). First Quantum Minerals Ltd a pris une participation majoritaire au niveau du gisement en 2004, et a commencé la production commerciale en 2006 (First Quantum Minerals Ltd, 2012a). La production minière en 2011 était de 3 610 000 tonnes de minerai, à une teneur moyenne de 1,4 pourcent de cuivre, avec 35 281 onces d'or

produites en complément (First Quantum Minerals Ltd, 2012b). Les réserves démontrées et probables à la date du 31 décembre 2011 étaient de 32 060 000 tonnes, à une teneur de 1,09 pourcent de cuivre et 0,79 gramme par tonne (g/t) d'or. Les ressources mesurées et indiquées étaient de 30 940 000 tonnes de minéralisation de sulfures, à une teneur de 1,18 pourcent en cuivre, et 0,77 g/t d'or, ainsi que 120 000 tonnes de minéralisation d'oxydes, à une teneur de 1,58 pourcent de cuivre et 1,30 g/t d'or. (First Quantum Minerals Ltd., 2012b).

Le gisement de Guelb Moghrein est localisé au sein de la Ceinture nord des Mauritanides (Figure 1). La Ceinture des Mauritanides est un ensemble polyorogénique comprenant une ceinture plissée et charriée vers l'est, s'étendant le long de la marge ouest du Craton Ouest-Africain, du Sénégal au Sahara Occidental, charrié sur le Craton Ouest-Africain au cours du Paléozoïque tardif (Varisque) (Villeneuve, 2008). Les ceintures consistent en un collage imbriqué de roches du Néoprotérozoïque au Paléozoïque inférieur, avec des couches intermédiaires tectoniques locales, et des couches charriées de socle archéen à paléoprotérozoïque (Pitfield et al., 2004). Il témoigne d'une évolution tectono-thermique polyphasée consistant principalement en deux évènements « panafricains » (Protérozoïque tardif et Ordovicien-Silurien) aussi bien qu'Hercynien (Paléozoïque tardif) (Clauer et al., 1989, Dallmeyer et Lécorché, 1989, 1990a, 1990b, Dallmeyer et Villeneuve, 1987, Lécorché et al., 1989).

La géologie de la Ceinture des Mauritanides varie quelque peu entre le nord et le sud de la Mauritanie. Le nord et le nord-ouest des Mauritanides s'étendent de l'ouest du Sahara jusqu'à la région mauritanienne d'Akjoujt. Dans cette région, les nappes supracrustales sont charriées vers l'est et le nord-est sur les terrains archéens de Tasiast-Tijirit (Maurin et al., 1997, Pitfield et al., 2004). Dans la région d'Akjoujt, la Ceinture présente une inflexion vers l'ouest, la plaçant en contact avec le Bouclier de Rgueïbat, sur un emplacement où les unités frontales de l'accumulation en chevauchement au sein de la Ceinture des Mauritanides sont repoussées sur le socle archéen et l'avant-pays du Bassin de Taoudéni (Pitfield et al., 2004).

Les Mauritanides centrales sud, s'étendant du centre de la Mauritanie vers le sud, en direction du Sénégal, consistent en un empilement de direction nord-sud de nappes charriées d'unités allochtones et para-autochtones juxtaposées aux roches paléozoïques du Bassin de Taoudéni (Le Page, 1988). Au sein de la ceinture se trouvent quatre zones parallèles de direction nord-sud, séparées par des ensembles charriés vers l'est, et comprenant, d'est en ouest, une ophiolite imbriquée, une association de faciès marge continentale-rift, un complexe magmatique calcalcalin à l'est, et un complexe magmatique calcalcalin à l'ouest (Pitfield et al., 2004, Lahondère et al., 2003, 2004, 2005, Caby et Kienast, 2009).

Dallmeyer et Lécorché (1989, 1990a, b) ont recueilli des datations $^{40}Ar/^{39}Ar$ sur les minéraux métamorphiques de l'ensemble de la Ceinture centrale et sud des Mauritanides, et en ont conclu que la région a été affectée par trois évènements orogéniques au cours du Néoprotérozoïque, du Cambrien et de la période varisque. Caby et Kienast (2009) ont, pour leur part, réévalué les données de Dallmeyer et Lécorché (1989, 1990a, b), et ont proposé une histoire métamorphique et tectonique simplifiée de la convergence de plaques du Paléozoïque tardif (Hercynien), ayant conduit au contact de la Laurentie avec le domaine de l'arc ouest de 670 Ma, et à un épisode compressif ayant formé une nappe, elle-même corrélée avec la déformation des Appalaches à environ 300 Ma.

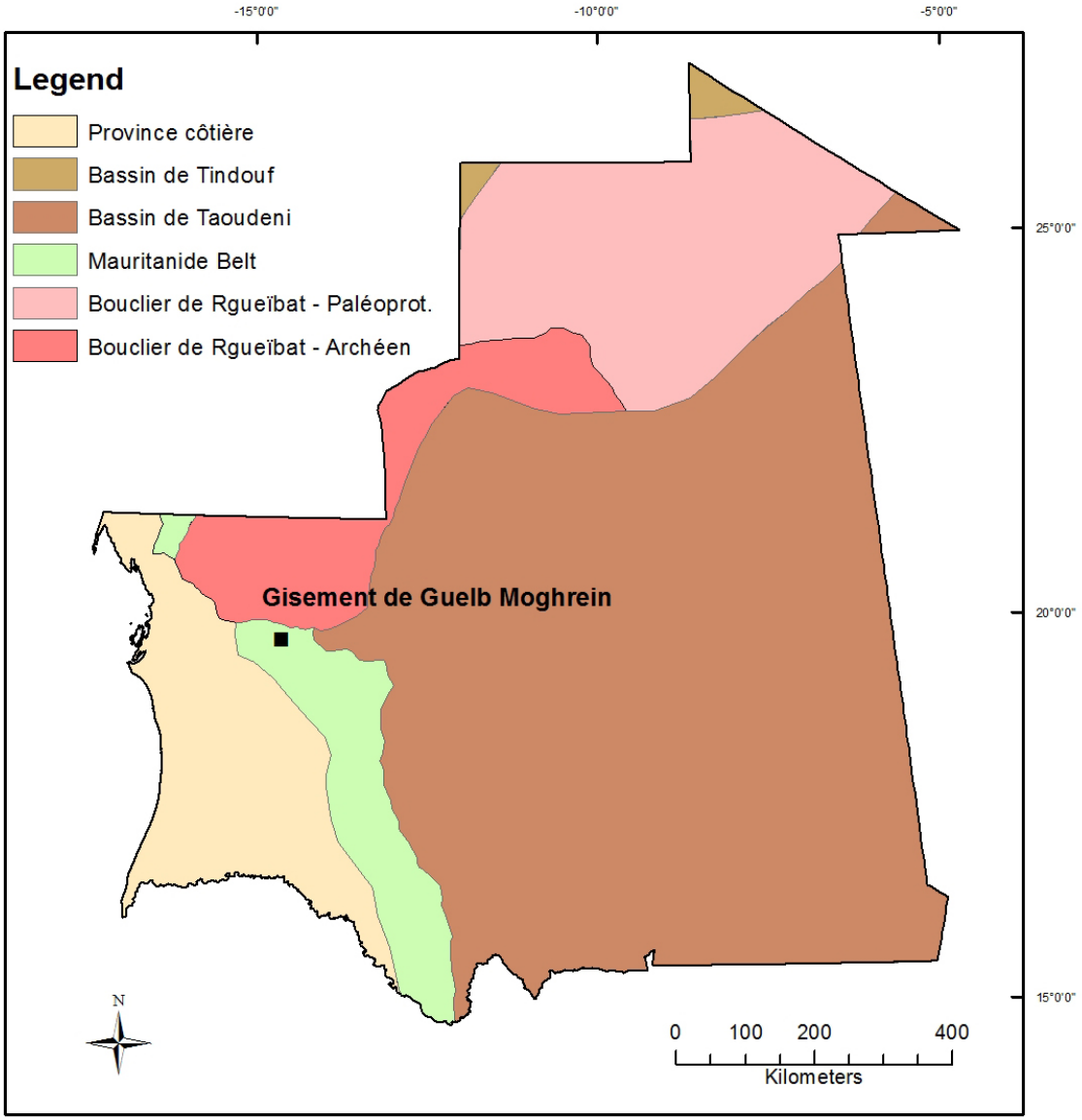

Figure 1. Localisation et cadre géologique des dépôts de cuivre-or de de Guelb Moghrein en Mauritanie.

La région d'Akjoujt, située dans le nord des Mauritanides, est située au niveau d'une inflexion majeure de plissement orogénique de la Ceinture des Mauritanides, à un endroit où elle prend une direction orientée vers l'ouest pour suivre la bordure sud du Bouclier de Rgueïbat. Dans cette zone, les roches consistent en un système de lames charriées en recouvrement ou « empilement compressif », qui diffère sur le plan lithologique de celles des Mauritanides centrales et sud (Martyn et Strickland, 2004). L'ensemble d'Akjoujt est bordé au nord et à l'est par un contact compressif unique avec les terrains archéens d'Amsaga du Bouclier de Rgueïbat (Gunn et al., 2004). Les roches supracrustales de la région d'Akjoujt consistent en deux séquences : le Groupe inférieur Eizzene et le Groupe d'Oumachoueima. Le Groupe d'Eizenne est d'abord composé de métabasaltes et d'une formation de fer rubané, recouverte avec une discordance angulaire par le Groupe d'Oumachoueima. Le Groupe d'Oumachoueima est composé de sédiments siliclastiques surmontés par une section épaisse de basaltes sous-marins et de dolérites (Martyn et Strickland

(2004). Des couches de leucogranite partiellement migmatisées et des pegmatites, présentes dans des zones de socle charrié de la région d'Akjoujt, sont les seules roches magmatiques formant des intrusions au sein du Groupe d'Oumachoueima (Martyn et Strickland, 2004).

Des datations provenant de nombreux intervenants différents indiquent que la minéralisation et les roches encaissantes au niveau de Guelb Moghrein sont d'âge archéen. Deux types de monazite hydrothermale et de xénotime associé avec du minerai de sulfure primaire ont été datés par Kolb et al., 2006). La monazite de type I et le xénotime ont fourni un âge d'environ 2 492 Ma, ce qui a amené à conclure qu'il s'agissait de l'âge de la minéralisation cuivre-or. Les grains de type II ont montré un âge de 1 742 Ma, ce qui a été interprété comme indiquant une génération plus tardive d'écoulement de fluide hydrothermal. Les données $^{40}Ar/Ar^{39}$ provenant de la biotite et de la hornblende au sein des échantillons de roches métavolcaniques provenant de la région nord d'Akjoujt ont montré que les températures de fermeture sont intervenues aux alentours d'environ 2 400 et 1 850 Ma (Clauer et al., 1991). Une datation $^{40}Ar/Ar^{39}$ provenant de la hornblende au sein des métagabbros prélevés au niveau de la marge sud de la mine de Guelb Moghrein a fourni un âge de 3 597 ± 101 Ma (JICA 2005a, H. Murakami, communication personnelle, 2012).

La minéralisation cuivre-or-cobalt au niveau de Guelb Moghrein se présente comme des zones de brèches tabulaires isolées, développées en parallèle aux zones de cisaillement D_2 au sein des roches métacarbonatées composées de magnésite et de dolomite (Strickland et Martyn, 2001, Kolb et al., 2006). La minéralisation et les métacarbonates hôtes reposent au sein d'une zone charriée qui sépare la métarhyolite de l'unité volcanique de Sainte Barbe, de l'unité de métabasalte en recouvrement d'Akjoujt (Figure 2), (Kolb, et al., 2006, Kirschbaum, 2011a). Le minerai consiste en des brèches carbonatées possédant une matrice constituée essentiellement de clinoamphibole Fe-Mg et de magnétite, avec de moindres quantités de chalcopyrite, pyrrhotite et autres minéraux sulfurés (Murakami, 2004, Murakami et al., 2005, Kolb et al., 2006).

La minéralisation massive sulfure-arsenic-or avec de la monazite et du xénotime associés se sont formés dans des conditions de P-T d'environ 410 °C et 2 à 3 Kbar (Kolb et al., 2006). La roche hôte métacarbonatée a été interprétée de différentes façons, comme un métasédiment (Ba Gatta, 1982, Pouclet et al., 1987, Kolb et al. 2006, Meyer et al., 2006, Kirschbaum, 2011b) ou comme le produit d'une altération hydrothermale (Strickland et Martyn, 2001, Martyn et Strickland, 2004). Des analyses géochimiques par Kolb et al. (2008) présentent la manière dont l'unité est caractérisée : un XMg élevé (=36) de carbonate Fe-Mg, un spectre de terres rares et des valeurs de $\delta^{13}C$(-18 à +17 ‰) qui suggèrent que la roche s'est formée en un précipité marin semblable aux FFR archéennes.

Les roches de l'encaissant entourant le métacarbonate ont subi une albitisation, avant un métamorphisme de degré schiste vert à amphibolite, suivi par une altération potassique ayant formé une zone de biotite de 40 mètres de large, pendant un métamorphisme de degré amphibolite (Kirschbaum, 2011a, b). En plus de la zone d'altération qui enveloppe la zone minéralisée, des veines à angle élevé de calcite-quartz-pyrrhotite-chalcopyrite sont présentes à la partie supérieure des dépôts (Hitzman, 2008).

Des études de reconnaissance des inclusions de fluide des veines de quartz provenant des schistes verts du mur inférieur, au niveau de Guelb Moghrein, ont montré des inclusions polyphasées contenant des cristaux d'halite fille avec des inclusions gazeuses (JICA, 2005b). Les températures d'homogénéisation des

inclusions s'échelonnent de 240 à 320 °C, et les valeurs de salinité de 33 à 39 en pourcentage massique d'équivalent de NaCl.

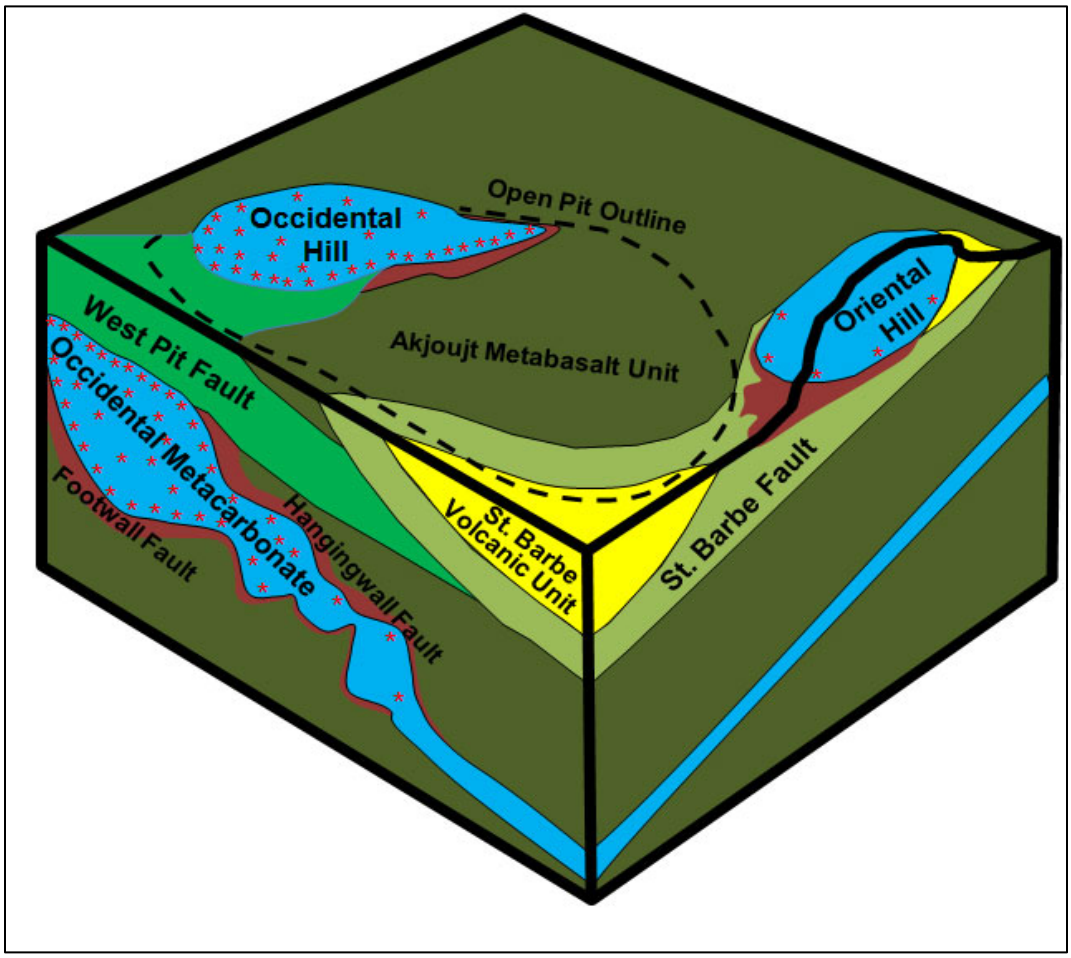

Figure 2. Interprétation structurale schématique du gisement de Guelb Moghrein (d'après Kirschbaum, 2011a).

Des analyses d'isotopes stables ont été effectuées par Sakellaris et Meyer (2008) sur des échantillons de analyses magnétite, grunérite, graphite et sulfures provenant de Guelb Moghrein. Les valeurs de $\delta^{34}S$ sont groupées autour de zéro, correspondant aux valeurs publiées pour le soufre magmatique et métamorphique et des valeurs de δDfluide typiques d'eaux métamorphiques. La composition combinée d'oxygène et d'hydrogène isotope, par le report des valeurs de fluide dans le champ des eaux métamorphiques, indique une gamme étroite de valeurs de $\delta^{18}O$ en rapport à δD, reflétant une absence de mélange avec les eaux de surface. Sur la base de ces données, Sakellaris et Meyer (2008) en ont conclu que le soufre et les fluides minéraux sont d'origine métamorphique, et que la source la plus probable de fluide enrichi en métaux se trouve au niveau des unités hôtes de métabasaltes.

L'Agence de Coopération Internationale du Japon (ACIJ) a mené une campagne d'analyses géochimiques au-dessus de Guelb Moghrein et de ses abords immédiats (JICA, 2005b). L'analyse des facteurs des données concernant l'argent, l'arsenic, le bismuth, le cobalt, le cuivre, le germanium, l'indium, le nickel, le sélénium, l'étain, le tellure, et le zinc, avec une valeur de chargement de facteurs d'un niveau

supérieur à 0,7, montre une forte corrélation avec la concentration en or, tandis qu'il y a une forte corrélation négative entre l'or et le chrome (JICA, 2005b). L'analyse des échantillons de métaux des minerais d'oxydes ont montré TiO_2 à 0,03 pourcent et 24 ppm de chrome (Strickland et Martyn, 2001).

Guelb Moghrein partage de nombreuses caractéristiques de certains dépôts de IOCG, comme le fait de présenter des minerais de cuivre et d'or d'intérêt économique, un contrôle structural, des brèches abondantes dans la zone des minerais, de faibles oxydes de fer-titane, de la chalcopyrite et de la pyrrhotite comme sulfures dominants, et une absence de veines de quartz. Toutefois, aucun autre dépôt de IOCG n'est hébergé par des carbonates riches en fer, de telle façon que, sur ce plan, il est inhabituel en comparaison des dépôts de IOCG généralement connus (Kirschbaum, 2011a, b). De plus, il y a la possibilité que les fluides minéralisants soient d'origine métamorphique, et que le dépôt ne soit, de ce fait, pas un véritable dépôt d'IOCG (Sakellaris et Meyer, 2008).

5.2 – Autres potentiels de cuivre et d'or de la région d'Akjoujt

Il existe plusieurs autres présences de cuivre et/ou d'or dans la région d'Akjoujt (Figure 3, Tableau 1). Les équipes de l'USGS ont pu se rendre à Guelb Moghrein (N° 01, Figure 3, Tableau 1) et au niveau d'un certain nombre d'autres présences en 2007. Les principaux potentiels sont décrits ci-dessous, et les caractéristiques des présences sont synthétisées au niveau du tableau 1.

Le potentiel d'El Khader (N° 02, Figure 3, Tableau 1) a été exploré à partir de 1953, ainsi qu'un certain nombre de zones d'hématite et de goethite issues de l'altération d'un ensemble de carbonates ferrugineux de 60 mètres d'épaisseur, qui ont été délimitées (Strickland et Martyn, 2001). Le potentiel consiste en un chapeau de fer de 2 000 x 60 mètres, associé à un stockwork de carbonates et une zone étendue d'albite-oligoclase, de séricite, et d'altération fer-chlorite (Martyn et Strickland, 2004). Gunn et al. (2004) signalent également une altération sodique « apparente » dans « certaines zones » au niveau d'El Khader. Les roches hôtes sont des dolérites et des roches métavolcanoclastiques felsiques de la Formation d'Irarchene El Hamra (Strickland et Martyn, 2001, Gunn et al., 2004). Le chapeau de fer et la zone d'altération sont présents au niveau d'une structure en dôme, à l'intersection d'une antiforme de direction nord-est, qui déforme les nappes charriées du secteur, et dépasse la stratigraphie et le charriage.

Une exploration antérieure du potentiel d'El Khader s'est centrée sur le fer, et a délimité une ressource de 11 millions de tonnes à 51 pourcent de fer, qui s'est par la suite accrue par une nouvelle exploration à 18 millions de tonnes (Gunn et al., 2004). Une exploration postérieure s'est centrée sur les minéralisations en or et en cuivre, qui sont présentes au sein des carbonates visibles sur le flanc nord du dôme. Gunn, et al. (2004) signalent 2 g/t d'or sur 15 mètres d'intervalle, et 4 g/t d'or sur 3 mètres associés avec un enrichissement en cuivre et manganèse au sein d'un ensemble de carbonate oxydé. Des puits de forage ultérieurs ont recoupé 3 mètres contenant 1.62 g/t d'or, avec un maximum de 2,81 pourcent de cuivre sur 4 mètres et 91 ppm de cobalt sur 5 mètres au sein des schistes, des schistes quartziques, et des quartzites ferrugineuses.

Le potentiel d'El Khader Breche (N° 03, Figure 3, Tableau 1) consiste en une zone de formation de brèches de 300 mètres de long et de 3 à 5 mètres d'épaisseur. Les échantillons de roches prélevés à partir de la zone de brèches contiennent entre 1,5 et 3,5 g/t d'or sur plusieurs mètres, de même que des quantités anormales de cuivre, de molybdène, de tungstène, d'arsenic et d'étain (Gunn et al., 2004). Le forage a

recoupé des veines mineures et des failles remplies de sidérite, calcite, pyrite, chalcopyrite et pyrrhotite au sein des schistes, ainsi que des quartzites sous-tendues par des métadolérites. Des valeurs maximum 0,4 g/t d'or, de 0,27 pourcent de cuivre, et de 72 ppm de cobalt provenant des échantillons de tranchées sont signalées comme étant supergènes par Gunn et al. (2004).

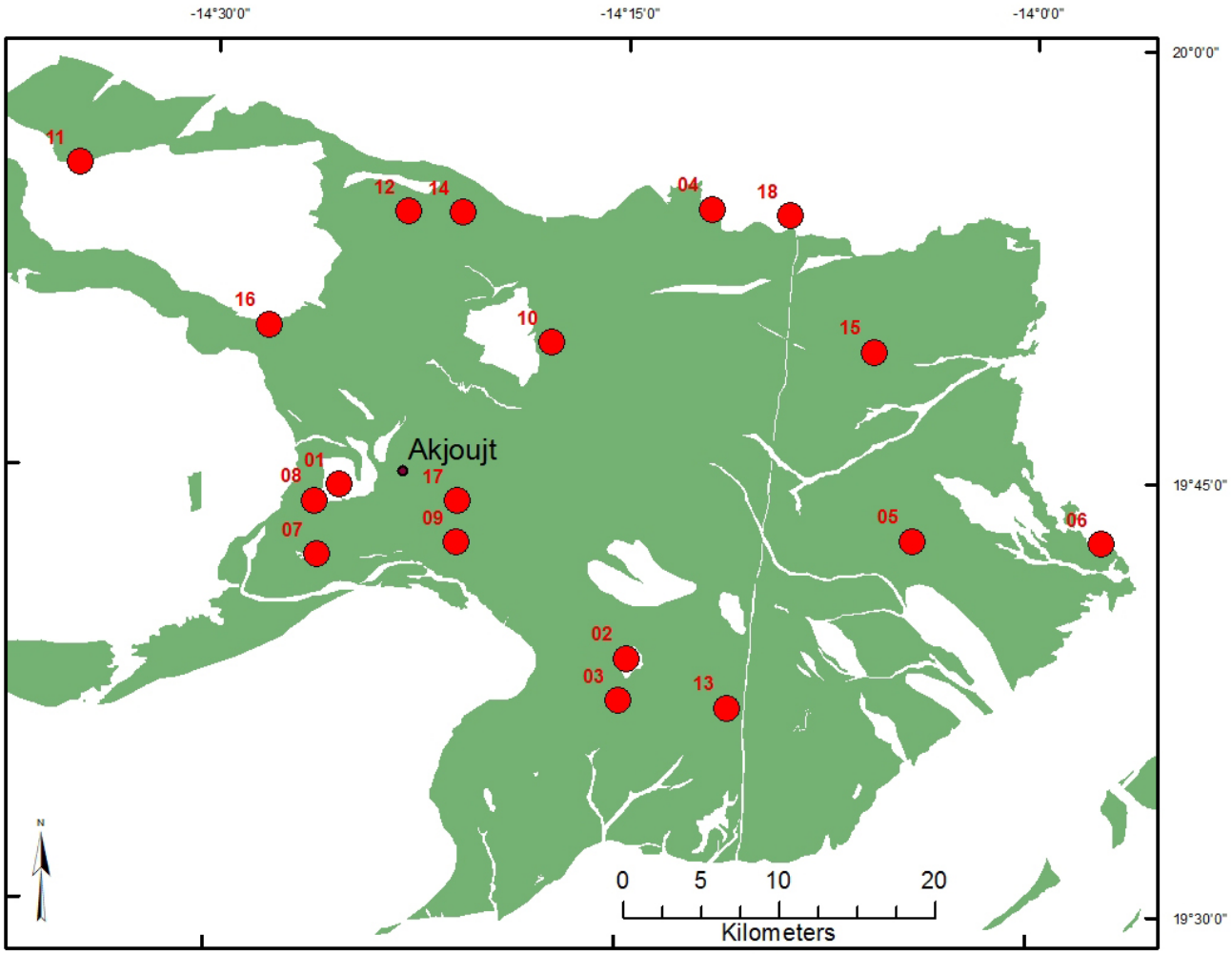

Figure 3. Carte de la région d'Akjouit montrant la distribution du Groupe d'Oumachoueia (vert) et des occurences de cuivre et d'or (points rouges).

Tableau 1. Dépôts et présences de cuivre et/ou d'or dans la région d'Akjoujt, en Mauritanie.

Carte N°	Nom	Lithologie hôte	Structure associée	Altération	Minéralisation	Brèches	Veines de quartz
01	Guelb Moghrein	Carbonate Fe-Mg	Failles inverses		Or, chalcopyrite, magnétite	Oui	
02	El Khader	Carbonate ferrugineux	Suite à failles inverses	Albite-oligoclase, séricite, chlorite			
03	El Khader Breche	Schiste et quartzite	Failles inverses		Chalcopyrite	Oui	
04	Sainte Barbe	Carbonate Fe-Mg	Failles inverses	Chlorite	Chrysocolle, azurite		
05	Tabrinkout	Mylonite quartzique	Failles, compressions	Carbonate	Or, malachite		Oui
06	Tabrinkout Est	Veines de quartz foliées			Malachite		Oui
07	Masse	Lentilles de carbonate	Cisaillement		Malachite, magnétite		
08	Camel Tick	Roches volcaniques basiques	Zones de cisaillement, failles inverses	Carbonate			
09	El Joul	Carbonate Fe-Mg	Failles inverses		Malachite, or, magnétite		
10	Bou Serouai	Carbonate			Malachite		
11	Redwood	Roches volcaniques mafiques	Décrochement	Carbonate			Oui
12	Atomai Nord	Lentilles de carbonate		Silicification			
13	Anomalie A1	Schistes à chlorite et à quartz		Calcite, sidérite, quartz	Or		Oui
14	Guilabet El Louebda	Roches métabasiques	Zones de compression	Carbonate	Malachite		
15	Khatt El Bagra	Amphibolite			Chalcopyrite		
16	Khemyat El Khadra	Quartzite, roches vertes		Carbonate, quartz	Malachite, chalcopyrite		Oui
17	Françoise	Schistes à chlorite		Quartz, carbonate	Malachite, chrysocolle		Oui
18	Guleb Hadej	Mylonite		Carbonate	Or	Oui	Oui

Le potentiel de Sainte Barbe (N° 04, Figure 3, Tableau 1) est un groupe d'anciennes exploitations minières creusées dans des zones de malachite, de chrysocolle, et d'azurite associées avec des veines de quartz-ankérite recoupant une unité de carbonates ferrugineux de 2 mètres d'épaisseur (Strickland et Martyn, 2001). Les minéraux contenant du cuivre-or sont signalés au niveau de quatre localités à un niveau de potentiel. Ils sont présents au sein d'ensembles subhorizontaux de carbonates Fe-Mg, au sein d'une séquence charriée de roches métavolcaniques mafiques et felsiques chloritisées rattachées à la Formation de Sainte Barbe (Gunn et al., 2004). La zone a été explorée par des tranchées et une galerie superficielle. Gunn et al. (2004) signalent des échantillons de tranchées contenant 1,12 à 2,46 g/t d'or sur des largeurs de 2,5 m.

Le potentiel de Tabrinkout (N° 05, Figure 3, Tableau 1) était à l'origine signalé comme une présence de tungstène (BRGM, 1975), mais a été par la suite exploré pour le cuivre et l'or. Le potentiel consiste en une zone de 3 kilomètres de long et jusqu'à 300 m de large contenant de multiples zones étroites d'altération de carbonates de direction est au sein de roches métavolcaniques mafiques et felsiques charriées de la Formation de Sainte Barbe (Gunn et al., 2004). Un stockwork irrégulier et des lentilles de carbonates Fe-Ma à grain grossier présentant de nombreuses veines de quartz renfermant de l'or et des minéraux secondaires de cuivre est désigné comme « mylonite quartzeuse » par Gunn et al. (2004). Le potentiel a été exploré par tranchées, plusieurs puits superficiels, ainsi que par des forages. Des traversées de tranchées de 22 mètres à 4,6 g/t d'or, 10 mètres à 2,9 g/t d'or et 8 mètres à 4,2 g/t d'or, et des traversées de forages à circulation inverse de 4,1, 3,8 et 2,4 g/t d'or sur 2 mètres sont signalés par Gunn et al. (2004). Les données géochimiques des roches pour la région de Tabrinkout présentent un schéma statistique similaire à celui de Guelb Moghrein concernant du bismuth, du cuivre, du plomb, de l'antimoine, du sélénium, de l'étain et du tellure, présentant une forte corrélation avec l'or (JICA, 2005d).

Le potentiel de Tabrinkout Est (N° 06, Figure 3, Tableau 1) est une zone de veines de quartz foliées, présentant de plus petites quantités de carbonate, ainsi qu'un ensemble de malachite de 100 mètres de long et de 15 mètres de large au sein de la Formation d'Irarchene El Hamra, du Groupe d'Oumachoueima (Gunn et al., 2004). Le potentiel a été exploré par des tranchées, et des traversées de tranchées de 10,2 et 9,1 g/t d'or sur 2,0 m ont été signalées mais n'ont pas pu être confirmées par de nouveaux prélèvements ultérieurs (Gunn et al., 2004).

Le potentiel de Masse (N° 07, Figure 3, Tableau 1) consiste en un groupe de présences de cuivre de deux kilomètres de long désignées comme Masse I, II and III, qui sont situées au sud du dépôt de Guelb Moghrein. Les présences de cuivre isolées consistent en des lentilles de quelques mètres d'épaisseur et jusqu'à 200 mètres de long contenant de la magnétite et de la malachite disséminées sur les failles au sein des lentilles de carbonates. Les roches hôtes sont des roches métavolcaniques et métasédimentaires cisaillées de la Formation de Sainte Barbe (Gunn et al., 2004).

Le « potentiel » de Camel Tick (N° 08, Figure 3, Tableau 1) consiste en des roches volcaniques basiques, une altération de carbonates, des zones de cisaillement, et des failles inverses qui coïncident avec une anomalie magnétique apparaissant comme n'étant pas liée à une FFR. La zone a été identifiée comme une cible d'exploration par Eden (2003), utilisant une analyse de potentiel assistée par SIG.

Le potentiel d'El Joul (N° 09, Figure 3, Tableau 1) comprend deux présences de minéraux de cuivre, d'or, et de magnétite secondaires associées aux bandes et aux lentilles fusiformes de carbonates à Fe-Mg (Gunn et al., 2004). Les ensembles de carbonates sont situés au niveau des deux affleurements au sein d'une zone de charriage qui recoupe les roches métavolcaniques et métasédimentaires de la partie supérieure du

Groupe d'Oumachaoueima. Les deux affleurements, qui sont aussi respectivement désignés comme El Joul ouest et El Joul Est, peuvent faire partie de la même zone minéralisée (Gunn et al., 2004) et sont examinés comme constituant un seul potentiel. Au niveau d'El Joul Ouest, les carbonates minéralisés ont été suivis le long de la direction de la structure sur une distance de 800 mètres, et jusqu'à une épaisseur de six mètres, certaines parties ayant été explorées par des forages et des tranchées. Gunn et al. (2004) signalent des traversées d'or à 6,2 g/t sur 2 mètres, et à 0,8 g/t sur 11,5 m dans des tranchées, ainsi que des traversées de tranchées et de forage de 4,0 m à 1,6 g/t d'or et 4,0 m à 1,25 g/t. L'affleurement d'El Joul Est, situé à 10 kilomètres le long de la direction de la structure depuis El Joul Ouest consiste en deux zones de carbonates minéralisés hébergés par des schistes à chlorite, avec de moindre quantité de schistes graphitiques et de quartzite ferrugineux. Une partie d'El Joul Est a été explorée au moyen de tranchées et de forage. Gunn et al. (2004) signalent que deux puits de forage traversent 4,0 m à 5,1 g/t d'or et 4,0 m à 5,65 g/t, tandis qu'un autre forage traverse 1,0 m de cobalt à 500 ppm.

Bou Serouai (N° 10, Figure 3, Table 1) est un petit affleurement de cuivre consistant en de la malachite au sein d'une zone de 1 mètre d'épaisseur de carbonate et de minéraux d'oxyde de fer hébergés par des schistes à chlorite, probablement de la Formation de Sainte Barbe (Gunn et al., 2004). Le potentiel a été exploré par des tranchées, révélant une traversée de 5,5 g/t d'or sur une largeur de 0,30 m.

Le potentiel Redwood (N° 11, Figure 3, Table 1) est une zone de roches volcaniques mafiques altérées en carbonate ferrugineux du Groupe d'Eizzene, hébergeant une zone discontinue de veines de quartz avec la magnétite associée et des veinules de boxworks carbonatés. La zone altérée de carbonate est de 1 500 mètres de long, et est localisée au sein d'une faille inverse. Gunn et al. (2004) signalent que les échantillons de roche provenant du potentiel contiennent jusqu'à 11,4 g/t d'or et 5 200 ppm de cuivre.

Le potentiel d'Atomai nord (N° 12, Figure 3, Tableau 1) comprend trois zones minéralisées au sein d'une surface étirée de 1 000 mètres de long et 5 mètres de large de lentilles carbonatées silicifiées, contenant de petites quantités de malachite, de pyrite et de limonite (Gunn et al., 2004). L'altération et la minéralisation sont situées au sein d'une faille inverse à faible pendage, recoupant des tufs et des FFR de la Formation d'Atomai, ainsi que des métasédiments de la Formation d'Irarchend El Hamra. Gunn et al. (2004) signalent que les échantillons de surface de la minéralisation de cuivre contiennent des teneurs jusqu'à 2,9 pourcent et qu'un puits de forage a rencontré 2,8 m à 0,22 pourcent de cuivre et 6,5 m à 0,03 pourcent.

L'anomalie A1 (N° 13, Figure 3, Tableau 1) est une anomalie géochimique de sol étirée et orientée nord-sud, avec des valeurs jusqu'à 1,7 ppm d'or (Gunn et al., 2004). L'anomalie est sous-tendue par une intrusion métabasique présentant un faible pendage de 2 à 20 mètres d'épaisseur, recoupant les schistes gris de la Formation d'Irarchene El Hamra. L'anomalie a été suivie par tranchées et deux puits de forage à circulation inverse (Gunn et al., 2004). Les échantillons de tranchées ont présenté 6 mètres à 1,7 g/t d'or et 12 mètres à 1,3 g/t d'or au-dessus de l'intrusion. Les meilleures traversées de puits de forage ont présenté 3,9 g/t d'or sur 1 mètre, et 0,23 pourcent de cuivre ainsi que 120 ppm de cobalt sur 3 mètres. La minéralisation est présente au sein de schistes à chlorite et à quartz, et est associée à des veines de quartz, de la calcite, et de plus faibles quantités de sidérite et de pyrite (Gunn et al., 2004).

La présence de Guellabet El Louebda (N° 14, Figure 3, Tableau 1) est décrite comme présentant de faibles quantités de malachite, pyrite et limonite au sein de roches métabasiques altérées en carbonates (Gunn et al., 2004). La zone d'altération est située à l'intérieur d'une zone charriée présentant un faible

pendage vers le sud. Selon Gunn et al. (2004), les meilleures traversées à partir d'un unique puits de forage réalisé au niveau du potentiel ont présenté 2,8 m à 0,22 pourcent de cuivre et 6,5 m à 0,03 pourcent.

Quatre autres présences de cuivre possèdent seulement de brèves descriptions. Au niveau de la présence de Khatt el Bagra (N° 15, Figure 3, Tableau 1), la chalcopyrite est signalée au sein de roche verte (Marsh et Anderson, 2012). La présence de Khemyat El Khadra (N° 16, Figure 3, Tableau 1) comprend des minéraux de cuivre non spécifiés dans des veines de quartz au sein de quartzite et de roche verte ferrugineuse (Marsh et Anderson, 2012). La présence de Francoise (N° 17, Figure 3, Tableau 1) comprend de la malachite et du chrysocolle dans des veines de quartz et de carbonates (Marsh et Anderson, 2012). Les présences au niveau de Guelb El Hadej (N° 18, Figure 3, Tableau 1) sont décrites comme une zone de mylonite présentant du carbonate, des veines de quartz et du carbonate sous forme de brèches (Gunn et al., 2004).

5.3 – Présences possibles d'IOCG au sein de la Ceinture sud des Mauritanides

Gunn et al. (2004), Higashihara (2005), JICA (2005c), Salpeteur (2005) et Marutani et al. (2009) ont suggéré qu'il existe un potentiel de minéralisation Cu-Au de type Guelb Moghrein au sein de la Ceinture sud des Mauritanides, et font référence à des potentiels spécifiques comprenant Kadiar, indice 78, Guelb Naadj, Diaguili et Geuidmaka comme exemples de dépôts de type IOCG (Figure 4). Au sein de la Ceinture sud des Mauritanides, les potentiels de Kadiar, d'indice 78, et d'Oudelemgil se trouvent à proximité les uns des autres, et les potentiels de Diaguili et Geuidimaka forment un second groupe, situé plus au sud. La discussion ci-dessous s'intéresse à ces deux groupes.

Kadiar est l'un des potentiels de cuivre les plus significatifs au sein de la Ceinture des Mauritanides, et a été le point d'attention d'une très importante exploration (Gunn et al., 2004). La zone a actuellement été concédée (septembre 2012) à OreCorp Mauritania SARL, qui l'explore par l'utilisation d'un modèle de dépôts de sulfures massifs hébergés par des roches volcaniques (OreCorp, 2012). Les potentiels consistent en un chapeau de fer siliceux renfermant du cuivre et de l'or, surmonté par une lentille d'ankérite silicifiée contenant de plus faibles quantité de malachite, de chalcopyrite and pyrite. La minéralisation est hébergée par le Complexe de Gorgol Noir, le long d'un contact de charriage entre des roches métabasaltiques dominantes du Groupe d'El Gueneiba à l'Est, et le Groupe de Gadel à l'ouest (Gunn et al., 2004). Les lithologies hôtes au niveau de Kadiar sont des schistes chloritiques, des schistes calcaires, des micaschistes, et du quartzite. La zone des carbonates est présente au sein d'une zone charriée imbriquée avec des schistes à serpentinite et à talc (Gunn et al., 2004, Salpeteur, 2005). Les échantillons de roches de surface présentent des valeurs maximales de 800 ppb d'or, de 200 à plus de 8 000 ppm de cuivre, de 100 à 4 000 ppm de zinc, de 1 000 à 10 000 ppm de nickel et 2 577 ppm de chrome.

JICA (2005e), ainsi que Marutani et al. (2009) considèrent le potentiel de Kadiar comme étant un dépôt de type semblable à Guelb Moghrein (IOCG). Toutefois Salpeteur (2005) remarque que les seuls minéraux d'oxyde de fer présents au niveau de Kadiar sont de l'hématite, et que la magnétite, habituellement présente au sein des dépôts d'IOCG, est absente. Pour cette raison, il s'interroge sur le fait de savoir si Kadiar devrait être considéré comme une minéralisation de type IOCG ou un dépôt de type sulfures massifs volcanogéniques (VHMS).

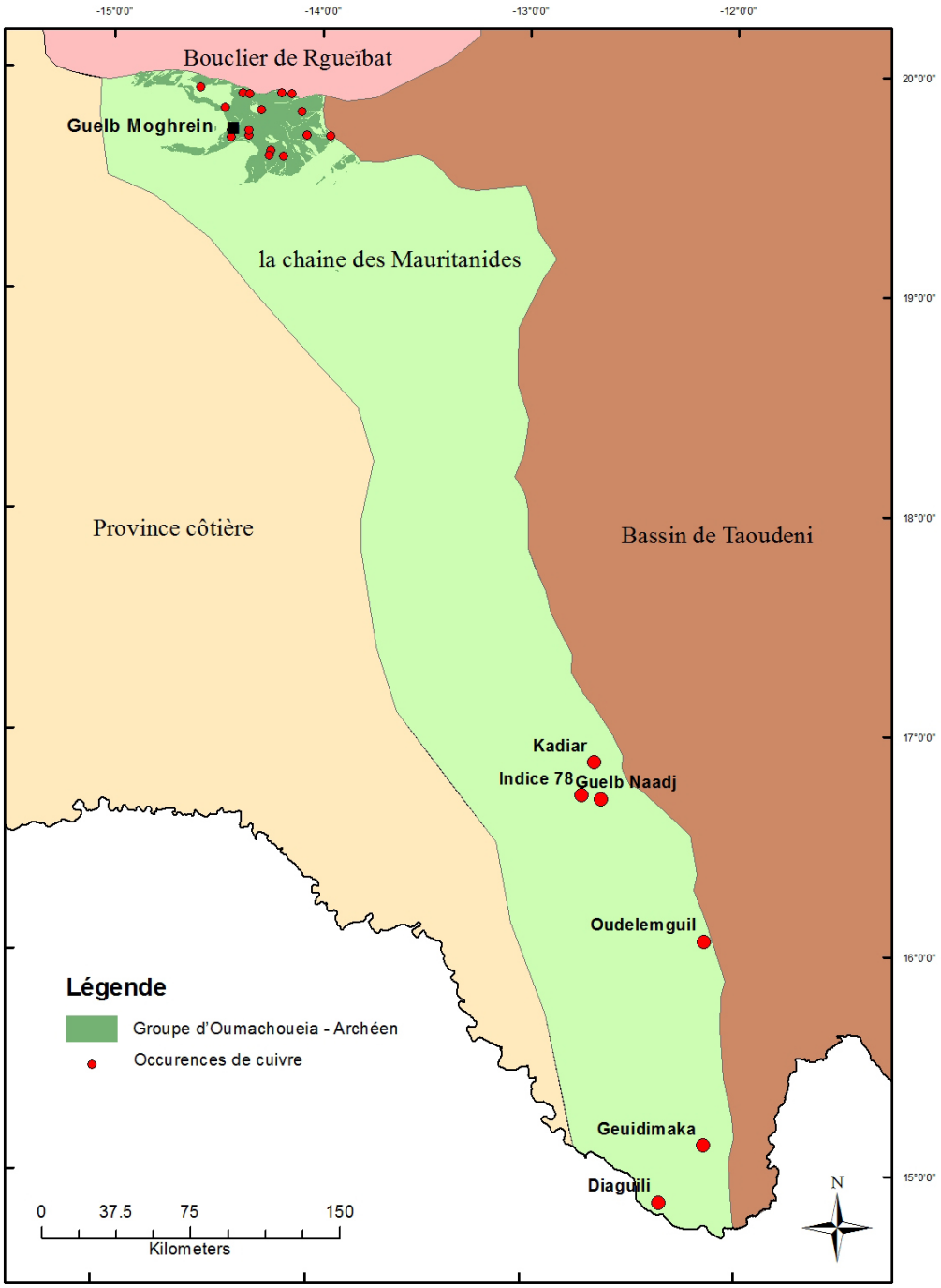

Figure 4. Occurrences de cuivre dans la Ceinture des Mauritanides.

Le potentiel indice 78, identifié à l'origine par prélèvement de sol, consiste en une zone de 4,5 km de long d'altération propylitique contenant des minéraux de sulfures de cuivre disséminés et de nombreuses veines de quartz situées le long du contact entre des méta-andésites et des métarhyolites (Gunn et al., 2004). Au sein de la zone d'altération, les minéraux de carbonate sont présents dans des veinules et sous la forme

d'emplacements irréguliers grossièrement cristallins, ayant conduit Gunn et al. (2004) à suggérer que la minéralisation de cuivre pourrait être semblable à celle observée au niveau du dépôt de Guelb Moghrein. Toutefois, ils concluent que la minéralisation est plus probablement de type sulfures massifs volcanogéniques.

Le potentiel de Guelb Naadj est sous-tendu par des roches felsiques recristallisées contenant d'abondantes veines de quartz, avec le développement local de veines de stockworks et de brèches, où de l'or a été trouvé dans les échantillons concentrés à la batée provenant des lits de cours d'eau à proximité. Seule une faible altération de carbonate a été notée lors d'un examen de terrain effectué par Gunn et al. (2004), qui ont également signalé qu'aucune minéralisation importante n'avait été traversée par les forages effectués au niveau du potentiel.

Le potentiel d'Oudelemguil est un groupe de cinq veines renfermant du cuivre, de l'or, et de l'argent, reposant au sein d'une zone d'altération hydrothermale de direction nord-sud de 600 mètres de long et de 100 mètres de large (JICA, 2005f). Les veines isolées sont de 0,4 à 0,8 m d'épaisseur, et s'étendent jusqu'à 300 mètres dans la direction structurale. Les roches hôtes sont des serpentinites et des métagabbros du Groupe de Gadel (Gunn et al., 2004). Les valeurs analytiques maximales provenant des échantillons prélevés par JICA au niveau du potentiel ont montré 34,4 pourcent de cuivre, 0,59 g/t d'or et 196 g/t d'argent (JICA, 2005f).

Le potentiel de Diaguili est une zone de failles de direction nord nord-est recoupant les schistes à talc, les schistes à chlorite, et les serpentinites altérées en carbonates (Salpeteur, 2005). De la chalcopyrite, de la bornite, de la magnétite et de la malachite disséminées sont présentes au sein des failles. La minéralisation de cuivre est confinée à une zone étroite fracturée et silicifiée, au sein d'une zone de jaspilites, de serpentinites, ainsi que de schistes chloritiques et de siltites, affleurant au niveau de deux collines saillantes séparées par une zone de faille discordante (Gunn et al., 2004).

5.4 – Discussion

Les roches de la zone d'Akjoujt diffèrent de manière significative de celles de la Ceinture centrale et sud des Mauritanides (Strickland et Martyn, 2001, Martyn et Strickland, 2004). La séquence est dominée par des roches volcaniques mafiques avec d'abondantes FFR intercalées. Les roches sont d'âge archéen, tandis que les roches les plus anciennes de la Ceinture des Mauritanides centrales et sud sont d'âge néoprotérozoïque (Dallmeyer et Lécorché, 1989, 1990a, b, Lécorché et al., 1989, Pitfield et al., 2004).

Les roches qui sous-tendent la zone d'Akjoujt sont allochtones, et ont été charriées dans leur position actuelle. Toutefois, la source des blocs allochtones n'est pas connue. Vauchez et al. (1987), LeFort (1988) et Villeneuve (2008) signalent des failles en décrochement vers la gauche le long de la bordure sud du Bouclier de Rgueïbat (Figure 1). Puisque l'ensemble allochtone d'Akjoujt a été charrié dans sa position actuelle à partir de l'ouest, il est possible qu'il ait, à l'origine, fait partie du Bouclier de Rgueïbat, et peut-être du même ensemble de roche verte-FFR archéennes que la région de Tasiast.

Sur les 19 présences identifiées de cuivre et (ou) dans la région d'Akjoujt, cinq présentent d'importantes veines de quartz au sein de la zone minéralisée. Ces présences ne sont probablement pas de type IOCG, puisque les veines de quartz ne sont généralement pas abondantes au sein des dépôts d'IOCG

(Groves et al., 2010). Les potentiels d'Atomai Nord, de Bou Serouai, de Camel Tick, d'El Joul, d'El Khader, d'El Khader Breche, de Guilabet d'El Louebda, de Masse et de Sainte Barbe possèdent tous des similitudes avec Guelb Moghrein, et pourraient être des présences de type IOCG. Il n'existe pas suffisamment de données sur les présences restantes pour déterminer leurs types de minéralisation.

Les présences de cuivre et (ou) d'or de la Ceinture sud des Mauritanides sont toutes associées avec des accrétions de roches métamorphiques, incluant des ensembles ultramafiques typiques des zones de suture (Caby et Kienas, 2009, Goldfarb et Marsh, 2012). Les lentilles d'intense altération carbonatée, la silicification et le veinage de quartz, souvent associés avec des micas riches en chrome, sont classiques de la « listwanite » - un style d'altération hydrothermale commune au sein de zones majeures de failles et de suture. Les présences sud, telles que Diaguili et Guidimaka, sont également associées avec de la jaspilite (jaspe rouge), de l'hématite et des présences de chromite podiformes. Ces caractéristiques sont habituelles au sein des systèmes de dépôt de sulfures massifs de type Chypre. Par opposition, l'âge des roches hôtes formant les Mauritanides du sud est néoprotérozoïque (Dallmeyer et Lécorché, 1989, 1990a, b, Lécorché et al., 1989, Pitfield et al., 2004) par rapport à l'âge archéen de la séquence de la région d'Akjoujt.

Les données géochimiques suggèrent également que les présences de cuivre et (ou) d'or des Mauritanides du centre et du sud sont distinctes de celles provenant de la région d'Akjoujt. Les échantillons de roches du PRISM, prélevés au niveau, ou à proximité, des présences Cu-Au de la région d'Akjoujt sont classiquement inférieurs à 100 ppm pour le chrome (Eppinger et al., 2012). Cela est cohérent avec les données géochimiques de JICA (2005) provenant de Guelb Moghrein. Par opposition, les valeurs en Cr des échantillons du PRISM prélevés au niveau, ou à proximité, des présences de cuivre de la Ceinture sud des Mauritanides sont plus élevées. Les valeurs du chrome sont de 237 et 290 ppm dans les échantillons prélevés à proximité de Kadiar, de 22, 23 et 2670 ppm au niveau, ou à proximité, des présences d'indice 78, 1195 et 1440 ppm à proximité d'Oumdelemguil, 118 ppm à proximité de Diaguili et > 10 000 ppm à proximité de Diaguili Est.

Sur la base des éléments ci-dessus, on arrive à la conclusion que les présences de cuivre et (ou) d'or dans la Ceinture sud des Mauritanides ne sont pas des dépôts de type IOCG.

6 – Zones favorables à l'oxyde de fer cuivre-or en Mauritanie

Les caractéristiques essentielles caractérisant le dépôt de Guelb Moghrein sont :

- Association cuivre-or-magnétite ;
- Ensemble hôte de roche verte-FFR ayant une signature aéromagnétique distinctive ;
- Roches hôtes carbonatées riches en fer ;
- Minéralisation d'âge archéen ;
- Faibles valeurs pour Cr au sein du dépôt et des roches environnantes.

Il existe une forte anomalie aéromagnétique positive de forme ovoïde directement au-dessus du dépôt de Guelb Moghrein, et l'ensemble hôte possède une signature magnétique distinctive de valeurs magnétiques élevées étroites et sinueuses, reflétant les unités déformées de FFR. Ces caractéristiques, ainsi que celles indiquées plus haut, ont été utilisées pour définir des régions géologiques pouvant être considérées comme favorables à une minéralisation IOCG semblable à celle de Guelb Moghrein (Figure 5).

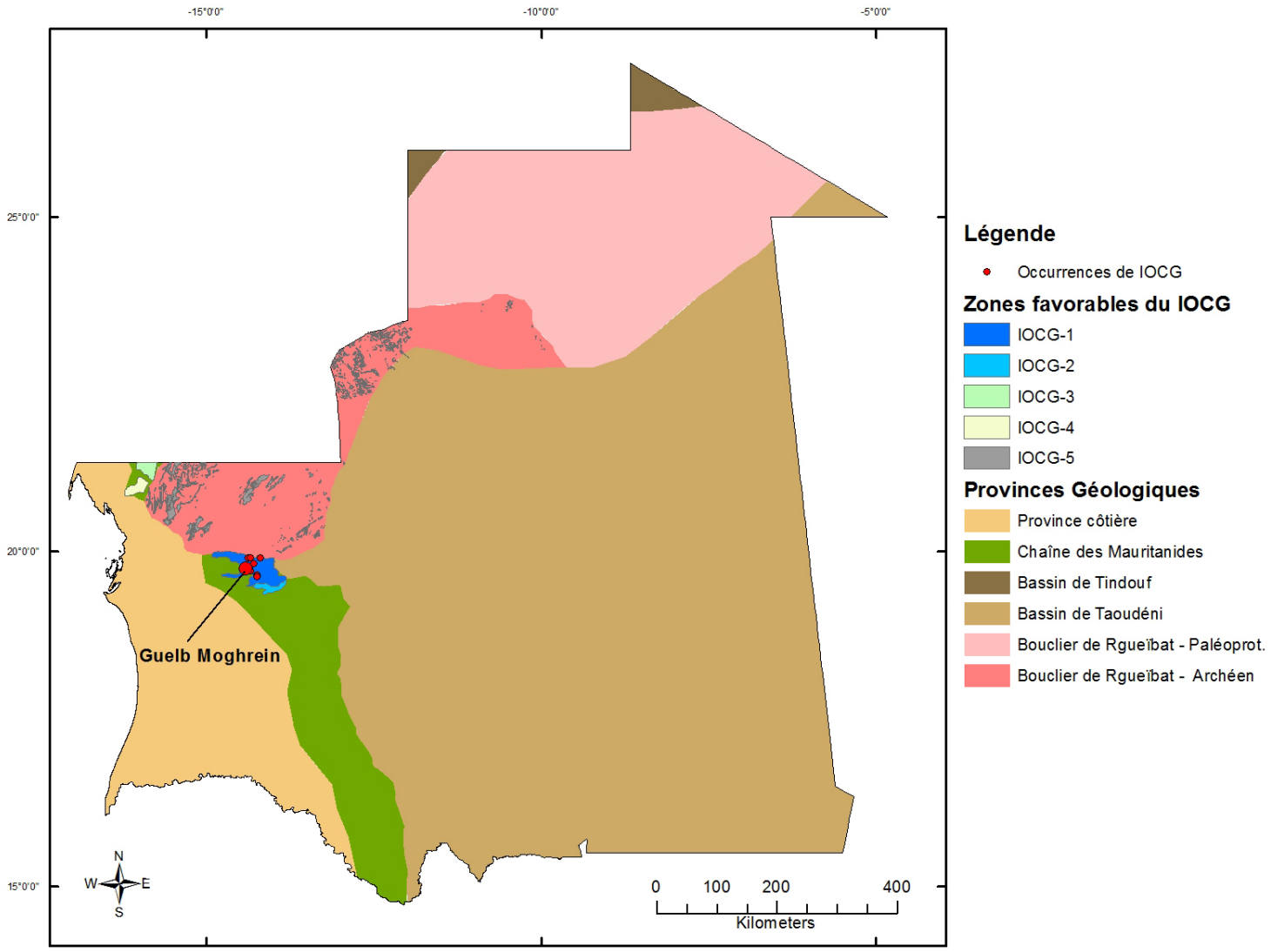

Figure 5. Potentiels pour les dépôts IOCG en Mauritanie.

Zone IOCG-1 : Akjoujt 1 est considérée favorable à la présence de dépôts minéraux de type IOCG, sur la base de la présence d'un dépôt d'intérêt économique cuivre-or à Guelb Moghrein, d'un certain nombre d'autres types de présences de type IOCG dans la région, et d'un ensemble hôte de roche verte-FFR archéen. La frontière de la zone est constituée par la limite de l'affleurement du Groupe d'Oumachoueima, en y ajoutant un kilomètre de zone tampon.

Zone IOCG-2 : Akjoujt 2 est considérée comme une zone favorable sur la base de valeurs aéromagnétiques élevées et étirées, ainsi que de présences de fer observées au sud de la zone d'Akjoujt 1. La zone est définie sur la base de l'extension des anomalies aéromagnétiques sinueuses.

Zone IOCG-3 : Bou Lanouar 1 est située au nord-ouest de la Mauritanie, immédiatement à l'est du village de Bou Lanouar. Les roches affleurantes dans la région sont des roches sédimentaires tertiaires. Toutefois, les données aéromagnétiques montrent un spectre de valeurs magnétiques élevées sinueuses, semblables à celles de la région d'Akjoujt. À l'est de la région recouverte, au sein du Bouclier de Rgueïbat affleurent les roches archéennes du Groupe de Lebzenia, et il existe plusieurs présences d'or et de FFR. Vers le nord, au sein du Sahara Occidental, affleurent des roches néoprotérozoïques de la Ceinture des Mauritanides, et une éclogite néoprotérozoïque a été signalée au sein de l'unité de Tarf Magneina (LeGoff et al., 2001). La région définie par une anomalie aéromagnétique pourrait représenter des roches protérozoïques appartenant à l'unité de Tarf Magneina ou à des ensembles de roches archéennes. Sur la base de la seconde hypothèse, la zone est considérée favorable aux dépôts d'IOCG.

Zone IOCG-4 : Bou Lanouar 2 est située au Sud de la zone IOCG-3. Elle est considérée favorable aux dépôts de type IOCG sur la base des mêmes critères que IOCG-3.

La zone archéenne IOCG-5 consiste en des zones de roches supracrustales archéennes au sein du Bouclier de Rgueïbat. L'ensemble d'Akjoujt pourrait représenter des nappes de ceinture de roche verte archéennes provenant du Bouclier de Rgueïbat, et charriées dans leur position actuelle. Les roches métavolcaniques provenant de la région d'Akjoujt et des ceintures de roches vertes au sein du Bouclier de Rgueïbat proviennent d'un arc insulaire, comme révélé par leur géochimie (Gunn et al., 2004, Pittfield et al., 2004, Kolb et al., 2008). Les ceintures de roches vertes au sein du Bouclier de Rgueïbat sont également d'âge archéen. Par exemple, la ceinture de roche verte de Chami, au sein des terrains de Tasiast Tigirt, présente un âge de 2 968 Ma, ainsi qu'une accrétion et un cisaillement associé, datés de 2 954 Ma (Pitfield et al., 2004). Murakami (communication personnelle, 2012) a obtenu un âge de 3 596 ± 101 Ma pour les roches hôtes de Guelb Moghrein et les charriages D2, de même que la minéralisation a été datée de 2 492 Ma (Kolb et al., 2008).

La zone IOCG-5 comprend des zones multiples délimitées par une sélection de roches supracrustales archéennes filtrées pour les roches métavolcaniques et les lithologies métasédimentaires constituant les roches hôtes au niveau de Guelb Moghrein.

7 – Conclusions

L'origine du dépôt de Guelb Moghrein, c'est-à-dire le dépôt de cuivre-or de Mauritanie le plus significatif économiquement, est problématique. Alors qu'il présente de nombreuses caractéristiques des dépôts IOCG, il est aussi inhabituel au regard d'un certain nombre d'aspects essentiels. Ceux-ci

comprennent le fait que le dépôt est hébergé par des roches carbonatées, mais aussi la nature métamorphique des fluides ayant formé le minerai, par opposition aux fluides d'origine magmatique classiques des dépôts IOCG, comme suggéré par les données d'isotopes stables. Néanmoins, il représente un important gisement de minerais, quelle que soit son origine, et la recherche de dépôts semblables supplémentaires en Mauritanie est justifiée.

Les données géologiques et géochronologiques indiquent que le dépôt de Guelb Moghrein est d'âge archéen, et s'est mis en place avant la formation des roches essentiellement protérozoïques du reste de la Ceinture des Mauritanides. La Ceinture sud des Mauritanides, consistant principalement en des roches d'âge néoprotérozoïque et plus récent, n'est donc pas considérée comme favorable à des dépôts de minerais du type de ceux de Guelb Moghrein, comme cela est suggéré par des travaux antérieurs.

Les caractéristiques géologiques des dépôts et leur ensemble hôte sont typiques de ceintures de roches vertes-FFR archéennes. Le contexte tectonique régional vient en appui de l'idée que le dépôt et son ensemble de roches hôtes pourraient avoir été charriés dans leur position actuelle en provenance de l'ouest, et pourraient provenir du Bouclier archéen de Rgueïbat. Les caractéristiques du dépôt de Guelb Moghrein ont été utilisées comme base pour délimiter des zones considérées comme favorables à des dépôts semblables. Cinq zones ont ainsi été définies comme étant favorables à la présence de dépôts minéraux de type IOCG.

8 – Références

Ba Gatta, A., 1982, Contribution à l'étude géologique et minéralogique du gisement d'Akjoujt, Mauritanie : thèse de doctorat non publiée, Université d'Orléans, France.

Blanchot, A., 1947, Étude géologique du gîte cuprifère de Guelb Moghrein : Rapp Dir. Mines A.C.F., Dakar.

BRGM, 1975, Plan Minéral de la République Islamique de Mauritanie: Ministère de la Planification et du Développement Industriel, Juin 1975, 554 p.

Caby, R. et Kienast, J.R., 2009, Neoproterozoic and Hercynian metamorphic events in the Central Mauritanides; Implications for the geodynamic evolution of West Africa: Journal of African Earth Sciences, vol. 53, p. 122-136.

Clauer, N., Dallmeyer, R. D. et Lécorché, J. P., 1989, $^{40}Ar/^{39}Ar$ polyorogenic mineral age record within the central Mauritanide orogen, West Africa: Geological Society of America Bulletin, vol. 101, p. 55–70.

Clauer, N., Dallmeyer, R. D. et Lécorché, J. P., 1991, Age of the late Paleozoic tectonothermal activity in northcentral Mauritanide, West Africa: Precambrian Research, vol. 49, p. 97-105.

Cox, D.P. et Singer, D.A., 2007, Descriptive and Grade-Tonnage Models and Database for Iron Oxide Cu-Au Deposits: U.S. Geological Survey, Open-file Report 2007-1155, 13 p.

Dallmeyer, R.D. et Lécorché, J.P., 1989, $^{40}Ar/^{39}Ar$ polyorogenic mineral age record within the central Mauritanide orogen, West Africa: Geological Society of America Bulletin, vol. 101, p. 55–70.

Dallmeyer, R.D. et Lécorché, J.P., 1990a, $^{40}Ar/^{39}Ar$ polyorogenic mineral age record in the northern Mauritanide orogen, West Africa: Tectonophysics, vol. 177, p. 81–107.

Dallmeyer, R.D. et Lécorché, J.P., 1990b, $^{40}Ar/^{39}Ar$ polyorogenic mineral age record within the southern Mauritanide orogen (M'bout-Bakel Region), West Africa: American Journal of Science, vol. 290, p. 1136–1168.

Dallmeyer, R.D. et Villeneuve, M., 1987, $^{40}Ar/^{39}Ar$ polyorogenic mineral age record of polyphase tectonothermal evolution in the southern Mauritanide orogen, southeastern Senegal: Geological Society of America Bulletin, vol. 98, p. 602–611.

Eden, K., 2003, GIS-base mineral potential mapping of copper-gold mineralization in the northern and southern portions of the Mauritanides Belt, Mauritania: Thèse de doctorat non publiée, Université d'Aix-la-Chapelle, 205 p.

Eppinger, R.G., Giles, S.A., Lee, G.K. et Smith, S.M., 2012, Phase V: Final Report on Compilation and Validation of Geochemical Data—Database Creation, Data Quality Assessment, and Geochemical Maps: U.S. Geological Survey Report, Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), 49 p.

First Quantum Minerals Ltd., 2012a, Guelb Moghrein: www.first-quantum.com, Consulté le 18 juillet 2012.

First Quantum Minerals Ltd., 2012b, Guelb Moghrein Copper-Gold Mine, Mauritania: First Quantum Mineral Resources Ltd., Geulb Moghrein Fact Sheet, 4 p.

Goldfarb, R.J. et Marsh, E., 2012, Phase 2: Mineral potential tracts for orogenic Carlin-like, and epithermal gold deposits: Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), U.S. Geological Survey, à paraitre.

Groves, D.I., Bierlein, F.P., Meinert, L.D. et Hitzman, M.W., 2010, Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) Deposits through Earth History: Implications for Origin, Lithospheric Setting, and Distincition from Other Epigenetic Iron Oxide Deposits: Economic Geology, vol. 105, p. 641-654.

Gunn, A.G., Pitfield, P.E.J., McKervey, J.A., Key, R.M., Waters, C.N. et Barnes, R.P., 2004, Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie, Volume 2 – Potentiel Minier: DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, 221 p.

Higashihara, M., 2005, Model of Mineralization in Mauritanides, Western Mauritania (Abs): Abstracts with Programs 55th Annual Meeting Society of Resource Geology, p. 26.
Hitzman, M.W., Oreskes, N., et Einaudi, M.T., 1992, Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits: Precambrian Research, vol. 58, p. 241–287.
Hitzman, M., 2008, Gold-Rich IOCG Deposits in an African Context: Society of Economic Geologists-Geological Society of South Africa Meeting, Gold Workshop, Johannesburg, Afrique du Sud, Juillet 2008, 207 p.
JICA, 2005a, Copper and Gold in the Mauritanides: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet, (www.omrg.mr/spip.php?article89), 1 p.
JICA, 2005b, Guelb Moghrein: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet, (www.omrg.mr/spip.php?article83), 2 p.
JICA, 2005c, Guelb Moghrein: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet, (www.omrg.mr/spip.php?article85), 1 p.
JICA, 2005d, Tabrinkout: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet, (www.omrg.mr/spip.php?article72), 3 p.
JICA, 2005e, Metallogenic Provinces: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet, (www.omrg.mr/spip.php?article85), 3 p.
JICA, 2005f, Oudelemguil: Japan International Cooperation Agency Report, Mauritanian Office of Geological Exploration, Site Internet,, (www.omrg.mr/spip.php?article75), 2 p.
Kirschbaum, M.J. et Hitzman, M., 2008, Alteration and Mineralization at the Guelb Moghrein Magnetite-Copper-Gold-Cobalt Deposit, Akjoujt, Mauritania: Denver Regional Exploration Geologists Meeting Presentation, Octobre 2008, 2 p.
Kirschbaum, M.J., 2011a, Guelb Moghrein Iron Oxide-Copper-Gold Deposit, Mauritania: Denver Regional Exploration Geologists Meeting Presentation, 7 novembre 2011, 2 p.
Kirschbaum, M.J., 2011b, Geology of the Guelb Moghrein iron oxide-copper-gold deposit: Thèse de Master. non publiée, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, 88 p.
Kolb, J., Sakellaris, G.A., et Meyer, F.M., 2006, Controls on hydrothermal Fe oxide-Cu-Au-Co mineralization at the Guelb Moghrein deposit, Akjoujt area, Mauritania: Mineralium Deposita, vol. 41, p. 68-81.
Kolb, J., Meyer, F.M., Vennemann, T., Hoffbauer, R., Gerdes, A., et Sakellaris, G.A., 2008, Geological setting of the Guelb Moghrein Fe oxide-Cu-Au-Co mineralization, Akjoujt area, Mauritania: Dans : Ennih, N. et Liégeois, J.-P., (éditeurs), The Boundaries of the West African Craton: Geological Society, Londres, Special Publications, 297, p. 53–75.
Lahondère, D., Le Métour, J., Salpeteur, I., Deynoux, M., Bouamatou, M.A., Roger, J., et Donzeau, M., 2003, Projet de relevé géologique de la zone sud de la Mauritanie, Rapport de fin de phase de compilation: Rapport BRGM/RC-53185-FR, Orléans, 81 p.
Lahondère, D., Caby, R., Bouamatou, et M.A., Corsini, M., 2004, Thin-skin tectonics and Late-Paleozoic thrusting of oceanic lithosphere above the west African craton, southern Mauritania: Dans : Proceedings of the 20th Colloquium of African Geology, Orléans, France, 2-7 Juin 2004, p. 250 (recueil des synthèses).
Lahondère, D., Roger, J., Le Métour, J., Donzeau, M., Guillocheau, F., Helm, C., Thiéblemont, D., Cocherie, A., et Guerrot, C., 2005, Notice explicative des cartes géologiques à 1/200,000 et 1/500,000 de l'extrême sud de la Mauritanie: DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, Rapport BRGM/RC-54273-FR, 610 pp.

Lécorché, J. P., Dallmeyer, R. D. et Villeneuve, M., 1989, Definition of tectonostratigraphic terranes in the Mauritanide, Bassaride, and Rokelide orogens, West Africa: Dans : Dallmeyer, R. D. (éd.) Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic Orogens: Geological Society of America, Special Paper 230, p. 131–144.

Lefort, J.P., 1988, Imprint of the Rqueibat uplift (Mauritania) on to the central and southern Appalachians of the U.S.A.: Journal of African Earth Sciences, vol. 7, p. 433-442.

Le Goff, E., Guerrot, C., Maurin, G., Johan, V., Tegyey, M., et Ben Zerga, M., 2001, Découverte d'éclogites hercyniennes dans la chaîne septentrionale des Mauritanides (Afrique de l'Ouest): Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris, vol. 333, p. 711–718.

Le Page, A., 1988, Rock deformation associated with the displacement of allochthonous units in the central segment of the Caledono-Hercynian Mauritanide Belt (Islamic republic of Mauritania and eastern Senegal): Journal of African Earth Sciences, vol. 7, p. 265–283.

Marsh, E. et Anderson, E., 2012, Phase V: Deliverable 91 - Database of Mineral Deposits in the Islamic Republic of Mauritania: Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), U.S. Geological Survey, 7 p.

Martyn, J.E. et Strickland, C. D., 2004, Stratigraphy, structure and mineralization of the Akjoujt area, Mauritania: Journal of African Earth Sciences, vol. 38, p. 489–503.

Marutani, M., Higashihara, M., Watanabe, Y., Murakami, H., Kojima, G. et Dioumassi, B., 2009, Metallic ore deposits in the Islamic Republic of Mauritania (abs): Resource Geology, vol. 55, 1 p.

Maurin, G., Bronner, G., Le Goff, E. et Chardon, D., 1997, Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000 de la feuille Chami (Mauritanie) – Prospection aurifère dans le Tasiast-Tijirit: Rapp. B.R.G.M. No.2459, 32p.

Meyer, F.M., Kolb, J., Sakellaris, G.A., et Gerdes, A., 2006, New ages from the Mauritanides Belt: recognition of Archean IOCG mineralization at Guelb Moghrein, Mauritania: Terra Nova, vol. 18, p. 345-352.

Murakami, H., 2004, Study on Hydrothermal Deposit Modeling and Metallogeny in the Islamic Republic of Mauritania, Akjoujt Area: Geological Survey of Japan, Institute for Geo-Resources and Environment, Rapport concernant le second programme d'études de terrain en Mauritanie, Région d'Akjoujt, 20 p.

Murakami, H., Watanabe, Y., Marutani, M. et Higashihara, M., 2005, Geology and mineralization of the Guelb Moghrein Fe-oxide Cu-Au (IOCG) deposit, Mauritania (Abs): Abstracts with Programs, 55th Annual Meeting Society of Resource Geology, p. 22.

Ore Corp Limited, 2012, Oua Oua Project: http://orecorp.com.au/Projects/Mauritania/ Oua-Oua-Project, Consulté le 5 juin 2012, 2 p.

Pitfield, P. E. J., Key, R.M., Waters, C.N., Hawkins, M.P.H., Schofield, D.I., Loughlini, S. et Barnes, R P., 2004, Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie, Volume 1 Géologie: DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, 314 p.

Pouclet, A., Guillot, P. et Ba Gatta, A., 1987, Nouvelles données lithostructurales, pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur le gisement de cuivre d'Akjoujt et son environnement géologique (République Islamique de la Mauritanie): Journal of African Earth Sciences, vol. 6, 29-43.

Sakellaris, G.A. et Meyer, F.M., 2008, A Metamorphic Origin of the Guelb Moghrein Fe Oxide-Copper-Gold-Cobalt Deposit, Mauritania: Russian Mineralogical Society, Proceedings of XIII International conference on thermobarogeochemistry and IVth APIFIS symposium, Volume 2, , p. 169-174, Disponible à l'adresse http://www.minsoc.ru/FilesBase/2008-1-101-1.pdf.

Salpeteur, I., 2005, Perspectives minières dans le Sud de la Mauritanie: Levé géologique de l'extrême sud de la Mauritanie: (projet PRISM), DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, et rapport BRGM/RC-54132-FR, Orléans, 100 p.

Strickland, C.D., et Martyn, J.E., 2001, The Guelb Moghrein Fe-oxide copper-gold-cobalt deposit and associated mineral occurrences, Mauritania: A geological introduction: dans Porter, T.M., éd., Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: a global perspective, Vol. 2, Adelaide, PGC Publishing, p. 275-291.

Vauchez, A., Kessler, S.F., LeCorche, J.P. et Villeneuve, M., 1987, Southward extrusion tectonics during the Carboniferous Africa-North America collision: Tectonophysics, vol. 142, p. 317-322.

Villeneuve, M., 2005, Paleozoic basins in West Africa and the Mauritanide thrust belt: Journal of African Earth Sciences, vol. 43, p. 166–195.

Villeneuve, M., 2008, Review of the orogenic belts on the western side of the West African Craton: the Bassarides, Rokelides and Mauritanides: From: Ennih, N. et Liégeois, J.-P., (éditeurs), The Boundaries of the West African Craton: Geological Society, Londres, Special Publications, 297, p. 169-201.

Williams, P.J., Barton, M.D., Johnson, D.A., Fontbote, L., De Haller, A., Mark, G., Oliver, N.H.S. et Marschik, R., 2005, Iron Oxide Copper-Gold Deposits: Geology, Space-Time Distribution, and Possible Modes of Origin: Economic Geology 100th Anniversary Volume, p. 371–405.